

Юрк И.Л., Пушкарева Н.Б.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД КАК ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТНЫХ ФАКТОВ

Yurk I.L., Pushkareva N.B.

ELECTRIC CHARGE AS A GENERALIZATION OF EXPERIMENTAL FACTS

irinayurk@yandex.ru

ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

г. Екатеринбург



NOTB-2014

Что такое электрический заряд? Ученые на протяжении многих веков пытаются ответить на этот вопрос. Несмотря на это, природа электрического заряда не имеет научного объяснения до сих пор, а на объяснение этого понятия и всего раздела «Электростатика» студентам в курсе физики отводится всего четыре-пять лекций. И перед нами встает серьезная проблема: облегчить восприятие теоретического материала, подкрепляя его лекционным экспериментом.

What is electric charge? Scientists over many centuries are trying answering this question. Despite the nature of the electric charge has no scientific explanation so far and there are only four-five lectures to explain that notion and the entire section "Electrostatics" at whole physics course. So we are faced with a serious problem: facilitate understanding of theoretical material supporting it by lecture experiments.

Что такое электрический заряд? Ученые на протяжении многих веков пытаются ответить на этот вопрос. Несмотря на это, природа электрического заряда не имеет научного объяснения до сих пор, а на объяснение этого понятия и всего раздела «Электростатика» студентам в курсе физики отводится всего четыре-пять лекций. Преподавательский опыт показывает, что только 10 % студентов из всего потока с трудом могут пояснить, что же такое электризация и как это явление возникает. Поэтому перед лектором встает серьезная задача – как при помощи простых демонстраций объяснить природу возникновения электрических зарядов и их полей.

При малом количестве часов, отведенных на данную тему, необходимо тщательно продумывать, какие натурные эксперименты использовать на лекциях. При этом немаловажную роль играет их научность, доступность, наглядность, простота объяснения на основе теоретического материала, качество и время исполнения, и даже внешний вид установки. Из всего ряда лекционного эксперимента мы должны выбрать небольшой набор опытов, который позволит оптимально продемонстрировать явления, излагаемые на конкретной лекции, и при этом не ущемить время на изложение теоретического материала.

Ниже мы рассмотрим пример подборки натурального эксперимента по теме «Электрический заряд и закон его сохранения. Электростатическое поле и его напряженность. Принцип суперпозиции полей». Данный перечень опытов, как нам кажется, удовлетворяет следующим требованиям: минимальный набор с максимальным охватом данной темы, несложные по исполнению и не продолжительные по времени, наглядные и сориентированные на среднего студента. Итак, цель нашей статьи – сделать показ натурального эксперимента на лекции по курсу общей физики лаконичным и емким. Ниже приводится структура данной лекции с учетом показа эксперимента.

Теоретическое введение перед показом эксперимента:

Еще в глубокой древности было известно, что янтарь, потертый о шерсть, притягивает легкие предметы. В конце XVI века английский врач У. Джильберт назвал тела, способные притягивать легкие предметы, наэлектризованными (от греческого «электрон» – янтарь). Теперь мы называем такие тела заряженными, т.е. обладающими электрическими зарядами.

Несмотря на огромное разнообразие веществ в природе, в 1733 г. французский физик Ш. Дюфе установил, что существуют только два вида электрических зарядов. Один вид возникает на стекле, потертом о кожу (шелк, бумагу). Другой вид возникает на янтаре (эбоните), потертом о мех (шерсть). Каждый из них отталкивает заряд своего вида и притягивает противоположный.

В 1748 г. американский физик Б. Франклин назвал один вид зарядов положительным, а другой – отрицательным. Он предложил теорию, согласно которой в положительно заряженном теле содержится избыток, а в отрицательно заряженном – недостаток особой «электрической» жидкости, пронизывающей все тела. Из этой теории вытекает закон сохранения электрического заряда (алгебраическая сумма электрических зарядов любой замкнутой системы остается неизменной). В частности, при электризации

трением на трущихся телах получают одинаковые по величине и разные по знаку заряды. Суммарный заряд обоих тел не изменяется: заряды только перераспределяются между телами.

Опыт 1. «Электризация трением» – демонстрируется закон сохранения электрического заряда

Закон сохранения заряда является одним из фундаментальных законов природы. Чтобы это проверить, необходимы две пластинки из оргстекла, на одну из которых наклеен кусочек меха, и электроскоп с цилиндром Фарадея (Рис. 1).

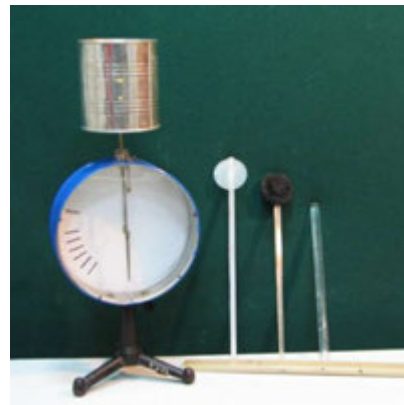


Рис. 1. Электризация трением

В данном опыте на стержень электроскопа установлен цилиндр Фарадея. Так называется полый цилиндр, открытый сверху, внутрь которого вносят заряженные тела. При этом отклонение стрелки электроскопа не зависит от положения заряженного тела внутри цилиндра. Это объясняется тем, что заряд на наружной поверхности цилиндра, а значит, и на стержне электроскопа со стрелкой, в точности равен заряду тела, помещенного внутрь цилиндра, независимо от положения этого тела.

В начале опыта проверяют отсутствие заряда на электроскопе. Если на нем случайно имеется заряд, электроскоп разряжают, коснувшись пальцами одновременно стержня и металлического корпуса. Незаряженные пластинки вносят поочередно в полость цилиндра, показывая, что стрелка не отклоняется.

Потерев одну пластинку о мех на другой пластинке, снова вносят каждую из пластинок внутрь цилиндра. При этом пластинки не должны касаться стенок цилиндра! При трении одной пластинки о мех на другой пластинке обе они заряжаются. Электризация трением основана на том, что при трении тела друг о друга мы увеличиваем площадь соприкосновения тел, которые без этого соприкасались бы только в немногих точках из-за неровностей их поверхности. Когда пластинки будут наэлектризованы

подобным образом, при внесении их поодиночке в цилиндр стрелка электроскопа отклоняется вследствие того, что в электростатическом поле происходит перераспределение зарядов между деталями электроскопа (явление электростатической индукции). При удалении заряженного тела отклонение стрелки исчезает, если только демонстратор случайно не коснулся этим телом стенки цилиндра.

Затем, сложив натертые пластинки вместе, их вносят внутрь цилиндра. Когда наэлектризованные пластинки сложены вместе и внесены в полость цилиндра, отклонения стрелки не происходит, и электроскоп показывает нулевой заряд. Тем самым демонстрируется закон сохранения электрического заряда и равенство по модулю и противоположность по знаку зарядов обоих трущихся тел.

Опыт 2. «Электростатические поля» (опыт с султанами)

Для объяснения взаимодействия заряженных тел введено понятие электрического поля (основные идеи электрического и магнитного полей введены английским физиком М. Фарадеем в 1837–52 гг. и логически завершены другим английским физиком Д. Максвеллом в 1855–65 гг.).

Для графического изображения электрического поля используются линии напряженности (также введены М. Фарадеем, который, правда, считал их реально существующими). Несмотря на то, что эти линии являются воображаемыми, их картину можно воспроизвести экспериментально при помощи двух электрических султанов, представляющие собой ряд тонких бумажных ленточек, укрепленных на металлическом вертикальном стержне, служащем опорой, и электрофорной машины с соединительными проводами. Вместо электрофорной машины

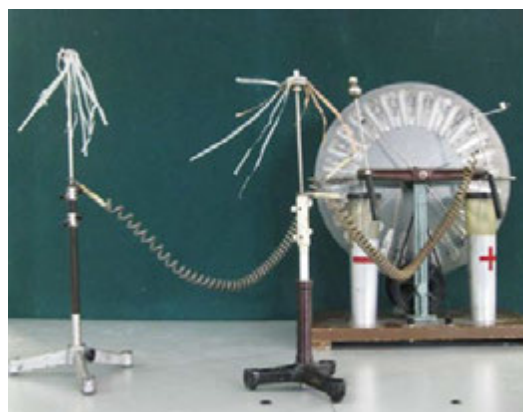


Рис. 2. Электрические поля
(опыты с султанами)

можно использовать стеклянную палочку и бумагу; виниловую рейку и шерстяную ткань или кусочек меха (рис. 2).

Опыт 2а: Демонстрация поля точечного заряда – наглядно показывается вид линий напряженности электростатического поля точечного заряда. Стержень одного из султанов соединяют проводом с любым из кондукторов электрофорной машины и приводят машину в действие, вращая рукоятку по часовой стрелке. При работе машины ленточки султана отклоняются, наглядно демонстрируя вид линий напряженности электростатического поля точечного заряда (рис. 2).

Опыт 2б: Демонстрация поля двух разноименных точечных зарядов – доказывает наличие в природе двух типов заряда, демонстрирует явление взаимодействия разноименных зарядов между собой, показывает вид линий напряженности результирующего поля этих зарядов по принципу суперпозиции. Первый султан соединяют с одним из кондукторов, а второй – со вторым кондуктором, расположив его на расстоянии около 20 см от первого султана. При работе машины ленточки обоих султанов притягиваются друг к другу, имитируя результирующее поле двух разноименных зарядов. Этот опыт доказывает наличие в природе двух типов заряда, демонстрирует явление взаимодействия разноименных зарядов между собой, показывает вид линий напряженности результирующего поля этих зарядов по принципу суперпозиции.

Опыт 2в: Демонстрация поля двух одноименных точечных зарядов – демонстрирует явление взаимодействия одноименных зарядов между собой, показывает вид линий напряженности результирующего поля этих зарядов по принципу суперпозиции.

Соединяют оба султана с одним и тем же кондуктором электрофорной машины. При работе машины имитируется результирующее поле двух одноименных зарядов (рис. 3).



рис. 3. Одноименные заряды

Когда к электрофорной машине присоединен один султан, его ленточки отклоняются равномерно во все стороны. Когда два султана присоединены к одному кондуктору, ленточки султанов отталкиваются друг от друга (рис.3). Во всех этих случаях расположение ленточек имитирует картину линий напряженности соответствующих электрических полей этих зарядов по принципу суперпозиции.

Благодаря таким несложным опытам студенты на лекции довольно легко усваивают такой непростой материал о природе электрических зарядов и их полей. Ведь главным результатом фундаментальной подготовки студентов по курсу общей физики является развитие теоретического мышления у студентов, основанного на реальных физических явлениях. И в данном случае роль физического эксперимента как наглядной демонстрации изучаемых физических явлений и процессов неоценима.